



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①⑫ Patentschrift
①⑩ DE 41 08 981 C 2

⑤① Int. Cl.⁸:
F 28 D 15/02

②① Aktenzeichen: P 41 08 981.2-16
②② Anmeldetag: 19. 3. 91
④③ Offenlegungstag: 1. 10. 92
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 16. 3. 95

DE 41 08 981 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Gromoll, Bernd, Dr., 8523 Baiersdorf, DE; Guiden,
Peter, 8520 Erlangen, DE; Schulz, Werner, 8550
Forchheim, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 28 20 587 A1
EP 2 31 456 A1

⑤④ Anordnung und Verfahren zur Wärmeabfuhr von mindestens einer Wärmequelle

DE 41 08 981 C 2

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Wärmeabfuhr von mindestens einer Wärmequelle, insbesondere der Verlustwärme wenigstens eines elektronischen Bauelements, über mindestens einen Verdampfer und einen Kondensator, die in einem druckdichten, mit einem Kältemittel gefüllten Thermosyphonkreislauf angeordnet und über eine Dampfleitung und eine Flüssigkeitsleitung miteinander verbunden sind. Die Erfindung bezieht sich ferner auf ein Verfahren zum Betrieb der Anordnung und auf ein Verfahren zum Herstellen eines Verdampfers.

Die zunehmende Integrations- und Leistungsdichte elektronischer Chips und Bauelemente sowie die kompaktere Bauweise, hauptsächlich in der Computertechnik, hat zur Folge, daß auch höhere Verlustwärmestromdichten auftreten. Diese Verlustwärmestromdichten betragen heute bei Rechnern etwa 3 bis 4 W/cm², bei Leistungselektronik bereits bis zu 20 W/cm² und werden in absehbarer Zukunft bei Werten um 50 bis 60 W/cm² liegen. Dabei dürfen die Temperaturunterschiede zwischen Wärmequelle und -senke bestimmte Werte nicht überschreiten, da sonst die Elektronik fehlerhaft oder sogar zerstört wird. Herkömmliche Luftkühlungen und Wasserkühlungen, die beide auf natürlicher oder erzwungener Wärmekonvektion beruhen, können die genannten Wärmestromdichten bei tolerierbaren Temperaturunterschieden nicht mehr abführen. Geeigneter sind dafür Kühlsysteme mit Verdampfungskühlung, die sich den Wärmetransport durch Verdampfung und anschließende Kondensation eines Kältemittels zunutze machen.

Ein bekanntes Verfahren bezieht sich auf den sogenannten Thermosyphonumlauf eines Kältemittels in einer druckdicht abgeschlossenen Kühlanlage. Das flüssige Kältemittel wird in einem oder mehreren an wenigstens einer Verlustwärmequelle angeordneten Verdampfern unter Aufnahme der Verlustwärme verdampft und der Dampf über eine Steigleitung zu einem oberhalb der Verdampfer angeordneten Kondensator geführt. Dort kondensiert der Dampf unter Abgabe der Verlustwärme und das flüssige Kältemittel wird über eine Falleitung wieder den Verdampfern zugeführt. Dieser Umlauf des Kältemittels wird allein durch die Verlustwärme und den Dichteunterschied von Dampf und Flüssigkeit in Gang gesetzt und gehalten (Schwerkraft- oder Thermosyphonprinzip) und ist daher eine einfache, zuverlässige Methode zur Wärmeabfuhr, die ohne stör anfällige bewegliche Teile wie Pumpen, Verdichter, etc. auskommt. Bei diesem Verfahren stellt sich unabhängig von der Verlustleistung der Verlustwärmequelle eine nahezu konstante Temperatur ein, nämlich die Siedetemperatur des Kältemittels unter dem sich einstellenden Betriebsdruck. Als Kältemittel werden halogenierte Kohlenwasserstoffe, insbesondere Trichlorfluormethan R 11, verwendet (Europäische Patentanmeldung 02 31 456).

Aus "Heat Transfer in Electronic and Microelectronic Equipment", Bergles, Hemisphere Publ., New York 1990, Seiten 551 bis 559 und Seiten 601 bis 619, ist ferner bekannt, wie bei der Wärmeabfuhr von Leistungshalbleitern in diesem Thermosyphonkreislauf die Wahl des Materials und die Gestaltung der Oberflächen des Verdampfers von dem verwendeten Kältemittel abhängen. Als Kältemittel ist 1,1,2-Trichlor-trifluorethan R 113 vorgesehen. Als kompatible Materialien für die Wände des Verdampfers kann Aluminium oder Kupfer gewählt

werden. Ferner sind Aluminiumlegierungen und rostfreier Stahl geeignet. Durch eine Gestaltung der Verdampfungsoberfläche im Innenraum des Verdampfers kann der Wärmeübergang von der mit der Wärmequelle verbundenen Kontaktwand des Verdampfers in das verdampfende Kältemittel erhöht werden, indem man die zum Wärmeaustausch zur Verfügung stehende Oberfläche vergrößert oder die Blasenbildung an der Oberfläche erhöht. Im Bereich des Blasensiedens ist durch die Verwirbelung der Flüssigkeit der Wärmeübergang nämlich besonders hoch, so daß bei einer vorgegebenen hohen Wärmestromdichte durch eine zusätzliche Blasenbildung der Temperaturunterschied zwischen Wärmequelle und -senke besonders stark gesenkt werden kann. Die Verdampfungsoberfläche kann mechanisch mit kleinen Poren von 3,6 mm Durchmesser und dreieckigen Rillen von 2 mm Breite versehen werden, wodurch eine Senkung der Temperaturdifferenz von bis zu 40% bewirkt wird. Die Verdampfungsoberfläche kann außerdem mit mit 2 mm dicken rechteckigen Rippen in einem Abstand von 1,5 mm versehen sein. Die Größe und der Abstand der Rippen sind nur so klein zu wählen, daß die Blasenbildung nicht behindert und keine hydrodynamischen Störungen durch auf gegenüberliegenden Seiten zwischen den Rippen erzeugte Blasen entstehen. Für die Dimensionierung ist bei beiden Gestaltungsmerkmalen der Oberfläche die Oberflächenbenetzung des Kältemittels von Bedeutung, die bestimmt, ab welcher Temperaturdifferenz das Blasensieden in Filmsieden übergeht.

Die Kältemittel R 11 und R 113 sind sowohl in ihrem Ozonabbaupotential ODP (ozone depletion potential) als auch ihrem Treibhauspotential GWP (global warming potential) nach dem "Reassessment of the Montreal Protocol 1989" des United Nations Environment Program UNEP als für die Erdatmosphäre schädliche Substanzen einzustufen.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, zum Schutz der Erdatmosphäre diese umweltschädlichen durch umweltverträglichere Kältemittel zu ersetzen und die genannten Verfahren und Vorrichtungen zur Wärmeabfuhr von einer Verlustwärmequelle unter Anpassung an das verwendete Kältemittel hinsichtlich des Wärmeübergangs zu verbessern.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1. Ausgangspunkt der Erfindung ist die Erkenntnis, daß bei einer Annäherung des Verdampfungsdruckes des Kältemittels an seinen kritischen Druck durch den dann spontan erfolgenden Phasenübergang von der flüssigen in die gasförmige Phase der Wärmeübergang erheblich verbessert wird. Durch eine Regelung der Temperatur oder des Druckes wird der Verdampfungsdruck des Kältemittels wenigstens annähernd auf seinen kritischen Druck eingestellt. Dabei sind der höchstzulässige Druck der Anlage und die höchstzulässige Temperatur an der Verlustwärmequelle zu berücksichtigen.

Der thermische Widerstand zwischen Wärmequelle und -senke wird dabei vorzugsweise durch eine zusätzliche Gestaltung und Behandlung der Oberfläche des Verdampfers verringert, d.h. der Temperaturunterschied zwischen Wärmequelle und -senke wird bei gleich hoher Wärmestromdichte herabgesetzt. Durch die Kombination dieser Maßnahmen wird eine gute Anpassung an das Kältemittel und damit eine hohe Wärmeabfuhr von der Wärmequelle erreicht.

Als Kältemittel werden nur Substanzen mit einem ODP von weniger als 0,06, bezogen auf R 11, und einem

GWP von weniger als 0,35, bezogen auf Kohlendioxid CO_2 , verwendet. Deren physikalische und thermodynamische Eigenschaften wie beispielsweise ihre Siedetemperatur, Oberflächenbenetzung, Dichte, molare Masse oder kritischer Druck bewirken in Verbindung mit den genannten Maßnahmen einen hohen Wärmeübergang im Thermosyphonkreislauf und verhindern einen Siedeverzug. Solche Kältemittel sind beispielsweise Chlordifluormethan R 22, 2,2-Dichlor-1,1,1-trifluorethan R 123, insbesondere als Ersatz für R 11, oder 1,1-Difluorethan R 152a und vorzugsweise Tetrafluorethan R 134a mit einem ODP von 0,00, das insbesondere als Ersatz für Dichlordifluormethan R 12 dienen kann.

Zur näheren Erläuterung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der verschiedene Ausführungsformen der Anordnung gemäß der Erfindung schematisch veranschaulicht sind. Fig. 1 zeigt einen Thermosyphonkreislauf gemäß dem Stand der Technik. In Fig. 2 ist ein Regelkreis für die Anordnung dargestellt. Fig. 3 zeigt eine weitere Gestaltungsmöglichkeit für den Regelkreislauf. In Fig. 4 ist ein Teil der gesamten Anordnung mit der Wärmeabfuhr vom Kondensator veranschaulicht. Die Fig. 5 bis 9 zeigen verschiedene Ausführungsformen von Verdampfern. In den Fig. 10 und 11 ist jeweils ein Übertragungsteil dargestellt. In Fig. 12 ist eine besondere Ausführungsform des Thermosyphonkreislaufes veranschaulicht und in Fig. 13 ist eine Ausführungsform mit mehreren Wärmequellen dargestellt. Die Fig. 14 und 15 dienen zur Erläuterung eines Herstellungsverfahrens für einen Verdampfer.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines dem Stand der Technik entsprechenden Thermosyphonkreislaufes 10. Durch die von einer Wärmequelle 2 erzeugte Wärme Q_{in} wird in einem Verdampfer 4 ein Kältemittel verdampft. Der Dampf wird über eine Dampfleitung 8 zu einem Kondensator 6 geführt, wo er unter Abgabe der Wärme Q_{out} wieder kondensiert. Das flüssige Kältemittel fließt über die Flüssigkeitsleitung 9 zurück in den Verdampfer 4. Wegen der unterschiedlichen Dichten von Dampf und Flüssigkeit wird der Rohrquerschnitt der Dampfleitung vorzugsweise größer als der der Flüssigkeitsleitung gewählt.

Gemäß Fig. 2 ist ein am Kondensator 6 angeordneter Ventilator 12 zur Steuerung des Wärmeübergangs an der Oberfläche des Kondensators 6 durch Luftkonvektion vorgesehen. Dieser Ventilator 12 ist mit einem Temperaturregler 14 elektrisch verbunden, der an einer Kontaktwand 3 des Verdampfers 4 zur Wärmequelle 2 angeordnet ist. Der Temperaturregler 14 regelt über den Betriebszustand des Ventilators 12 den Wärmeübergang am Kondensator 6 und damit die Temperatur und den Druck des Kältemittels. Der Verdampfungsdruck des Kältemittels wird soweit seinem kritischen Druck angenähert wie es der höchstzulässige Druck der Thermosyphonanlage und die höchstzulässige Temperatur in der Elektronik der Wärmequelle 2 erlauben.

Die Regelung kann in einer einfachen Ausführungsform über Ein- und Ausschalten des Ventilators 12 bei vorbestimmter, fest eingestellter Drehzahl und in einer weiteren Ausführungsform über eine kontinuierliche Drehzahländerung des Ventilators 12 erfolgen.

In der Ausführungsform gemäß Fig. 3 ist zur Regelung des Wärmeüberganges am Kondensator 6 über den Ventilator 12 ein Druckregler 16 vorgesehen, dessen in der Figur nicht näher bezeichneter Meßfühler in der Flüssigkeitsleitung 9 angeordnet ist. Dieser Meßfühler kann jedoch auch in der Dampfleitung 8 angeordnet sein.

In einer weiteren Ausführungsform gemäß Fig. 4 regeln der Temperaturregler 14 oder der Druckregler 16 den Druck über die Pumpe 37 einer Flüssigkeitskühlung 36, welche die Wärme von dem Kondensator 6 über einen Wärmetauscher 38 an die Umgebung abführt und als Kühlmittel vorzugsweise Wasser enthalten kann.

Der Temperaturregler 14 oder der Druckregler 15 können vorzugsweise in einer der Ausführungsformen gemäß den Fig. 2 bis 4 auch die Überwachung der höchstzulässigen Temperatur an der Wärmequelle 2 bzw. des höchstzulässigen Druckes im Thermosyphonkreislauf 10 übernehmen. Bei Überschreiten dieser Grenzwerte wird entweder über den Ventilator 12 oder die Flüssigkeitskühlung 36 der Druck und die Temperatur gesenkt oder die Wärmequelle 2 wird abgeschaltet.

In der Ausführungsform eines Verdampfers als metallischer Hohlkörper gemäß Fig. 5 ist die Dampfleitung 8 an die obere und die Flüssigkeitsleitung 9 an die untere Stirnseite des Innenraums 5 des Verdampfers 4 angeschlossen. Zur leichteren Zugänglichkeit bei einer Störung kann dieser Verdampfer 4 vorzugsweise an seiner der Kontaktwand 3 gegenüberliegenden Seite mit einem Deckel 12 versehen sein.

Aus dem Querschnitt des Verdampfers 4 gemäß Fig. 6 ist die Anordnung von Rippen 20 an der Kontaktwand 3 zu entnehmen, die in den Innenraum 5 des Verdampfers 4 hineinragen. Diese Rippen 20 können etwa 0,2 bis 3 mm und vorzugsweise etwa 0,8 bis 2 mm breit sein. Ihre Länge, mit der sie in den Innenraum hineinragen, wird vorzugsweise wenigstens gleich der dreifachen, insbesondere wenigstens gleich der fünffachen Breite gewählt und wird etwa zwei Drittel der lichten Weite W des Verdampfers 4 nicht wesentlich überschreiten. Ihr Abstand wird im allgemeinen etwa gleich ihrer Breite gewählt, wie es der Draufsicht gemäß Fig. 7 zu entnehmen ist. Diese langen und dünnen Rippen 20 bewirken eine Vergrößerung der Wärmeübertragungsfläche und eine verbesserte Wärmeabfuhr schon bei geringer Blasenbildung durch eine erhöhte Rührwirkung. Ist der Verdampfer 4 mit dem Deckel 12 versehen, so kann dieser Deckel 12 in einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ebenfalls mit Rippen besetzt sein, deren Breite, Länge und Abstand den jeweiligen Abmessungen der Rippen 20 entsprechen können.

In der Ausführungsform gemäß Fig. 8 sind sowohl die Dampfleitung 8 als auch die Flüssigkeitsleitung 9 durch die obere Stirnwand des Verdampfers 4 hindurchgeführt. Die Flüssigkeitsleitung 9 endet dabei kurz über dem Boden des Innenraums 5.

In der Ausführungsform gemäß Fig. 9 liegt der Verdampfer 4 mit seiner Unterseite auf der Wärmequelle 2. Die Dampfleitung 8 wird an der Oberseite des Innenraums 5 und die Flüssigkeitsleitung 9 an eine der seitlichen Stirnseiten des Innenraums 5 angeschlossen. Diese Ausführungsformen gemäß den Fig. 8 und 9 können aus Platzgründen vorteilhaft sein, wenn die Anordnung gemäß der Erfindung beispielsweise in einem Schaltschrank angeordnet ist.

In einer vorteilhaften Ausführungsform ist ein Verdampfer 4 vorgesehen, bei dem wenigstens ein Teil der Oberfläche des Innenraumes 5, insbesondere die Innenseite der Kontaktwand 3, mechanisch geglättet und anschließend gesandstrahlt ist. Dazu können beispielsweise Glasperlen mit einem Durchmesser von etwa 0,01 bis 1 mm und vorzugsweise etwa 0,04 bis 0,6 mm verwendet werden. Besonders vorteilhaft ist ein anschließendes zusätzliches Ätzen der Oberfläche. Dazu kann man beispielsweise eine saure Lösung mit annähernd 33% Salz-

säure, 17% Salpetersäure und 50% destilliertem Wasser etwa 10 min auf die Oberfläche einwirken lassen. Diese Verfahren zur Oberflächenbehandlung des Innenraums 5 können mit allen Ausführungsformen des Verdampfers 4 und vorzugsweise bei den in den Fig. 6 und 7 dargestellten Ausführungsformen mit den Rippen 20 angewendet werden.

In den in den Fig. 5 bis 9 dargestellten Ausführungsformen kann als zu den verwendeten Kältemitteln kompatibles Material für den Verdampfer 4 vorzugsweise Kupfer verwendet werden.

Für die räumliche Anpassung der Thermosyphonanlage, insbesondere des Verdampfers 4 an die Wärmequelle 2, sind verschiedene Ausführungsformen in Fig. 10 bis Fig. 14 schematisch angegeben.

In der in Fig. 10 dargestellten Ausführungsform ist zwischen dem Verdampfer 4 und der Wärmequelle 2 ein Übertragungsteil 22 vorgesehen, das ebenfalls wenigstens teilweise mit Kältemittel gefüllt ist. Die Anschlusswand 23 des Übertragungsteils 22 ist der Form der Oberfläche der Wärmequelle 2 angepaßt. Die Übertragungswand 24 des Übertragungsteils 22 zum Verdampfer 4 ist zur Vergrößerung ihrer Kondensationsoberfläche so gestaltet, daß ihr Querschnitt die Form eines Mäanders darstellt. Die Kontaktwand 3 ist in ihrer Gestaltung derartig angepaßt, daß an den verzahnten Anlageflächen, die gegebenenfalls noch mit einer Wärmeleitpaste versehen sein können, ein guter Wärmeübergang entsteht. Damit ist zugleich eine leichte mechanische Trennbarkeit von Übertragungsteil 22 und Verdampfer 4 gewährleistet.

In der Ausführungsform gemäß Fig. 11 sind die Kontaktwand 3 des Verdampfers 4 und die Übertragungswand 24 des Übertragungsteils 22 so gestaltet und einander angepaßt, daß sie eine Schwalbenschwanzverbindung 25 bilden, deren Wärmeübergang gegebenenfalls noch durch eine Wärmeleitpaste verbessert werden kann.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist die innere Oberfläche des Übertragungsteils 22, insbesondere der Anschlusswand 23, ebenfalls gesandstrahlt oder gesandstrahlt und geätzt.

In der Ausführungsform der Anordnung gemäß Fig. 12 wird die Wärme von einer Wärmequelle 2 innerhalb eines beispielsweise wegen einer reaktiven Gasatmosphäre geschlossenen Behälters 30 abgeführt, beispielsweise von einer Verlustleistungsquelle in einem geschlossenen Schaltschrank. In dieser Ausführungsform wird der Kondensator 6 vorzugsweise außerhalb des Behälters 30 angeordnet und die Dampfleitung 8 und die Flüssigkeitsleitung 9 werden jeweils durch eine abgedichtete Durchführung 32 hindurchgeführt. Bestehen diese Leitungen aus Metall, so ist zur elektrischen Isolation jeweils ein Isolierstück 34 vorgesehen. Zur Erleichterung der Montage und Demontage können die Dampfleitung 8 und die Flüssigkeitsleitung 9 aus einem flexiblen Material, vorzugsweise einem flexiblen Kunststoff, bestehen. Außerdem kann wenigstens eine der beiden Leitungen, beispielsweise die Dampfleitung 8, mit einem Kupplungsstück 33 versehen sein. In dieser Ausführungsform dient das Übertragungsteil 22 im wesentlichen als räumliches Distanzstück zwischen Verdampfer 4 und Wärmequelle 2. Es kann somit auch entfallen. Ebenso kann die Lage der Anschlüsse der Dampfleitung 8 und Flüssigkeitsleitung 9 am Verdampfer 4 und am Kondensator 6 je nach den Anforderungen und räumlichen Randbedingungen nahezu beliebig gewählt werden. Zur Regelung und vorzugsweise auch zur Überwa-

chung kann wahlweise ein Temperaturregler 14, wie in der Figur dargestellt, oder auch ein Druckregler 16 vorgesehen sein.

Fig. 12 zeigt eine Ausführungsform der Anordnung mit mehreren Verdampfern 4 zum Abführen der Wärme von mehreren Wärmequellen 2, beispielsweise mehreren verschiedenen elektronischen Schaltkomponenten in einem Schaltschrank. In der Figur sind beispielhaft nur drei Verdampfer dargestellt. Den Wärmequellen 2 ist jeweils ein Verdampfer 4 mit einer Dampfleitung 8 und einer Flüssigkeitsleitung 9 zugeordnet. Die Dampfleitungen 8 sind mit einem gemeinsamen Dampfsammelrohr 26 verbunden, von dem eine Dampfsammelleitung 27 zum Kondensator 6 führt. Das kondensierte Kältemittel fließt dann über eine Flüssigkeitssammelleitung 29 zu einem Flüssigkeitssammler 28 und von dort über die jeweiligen Flüssigkeitsleitungen 9 zurück zu den Verdampfern 4. Der Flüssigkeitssammler 28 ist vorzugsweise so angeordnet, daß bei Inbetriebnahme der Anordnung alle Verdampfer 4 mit flüssigem Kältemittel gefüllt sind. Er befindet sich somit wenigstens auf gleicher Höhe mit dem am höchsten angebrachten Verdampfer 4 oder, wenn die Verdampfer 4 auf annähernd gleicher Höhe angeordnet sind, wie in der Figur dargestellt, auf gleicher Höhe mit allen Verdampfern 4. Dadurch wird ein "Burn Out" beim Anlaufen vermieden. Zur Regelung wird in dieser Ausführungsform mit mehreren Verdampfern 4 vorzugsweise ein Druckregler 16 in der Flüssigkeitssammelleitung 29 angeordnet.

Um auch von kleinen Wärmequellen 2, beispielsweise mikroelektronischen Chips, eine Wärmeabfuhr zu erreichen, wird gemäß Fig. 14 ein entsprechend kleiner Verdampfer 4 hergestellt. Mit einem photolithographischen Ätzverfahren werden aus einer metallischen Platte 40 zwei annähernd gleiche Ausnehmungen 42 herausgeätzt, die beispielsweise 0,1 bis 3 mm und vorzugsweise etwa 0,3 bis 1 mm tief sein können. Diese Ausnehmungen 42 werden so aus der Platte 40 herausgetrennt, beispielsweise herausgesägt oder -geschnitten, daß ringsum ein Rand 43 entsteht. Diese beiden Teile werden dann spiegelbildlich zusammengefügt, vorzugsweise gelötet, so daß ein Hohlraum innerhalb der zusammengeführten Ränder 43 entsteht. Die Ausnehmungen 42 können vorzugsweise derart gestaltet werden, daß der entstehende Hohlraum mit Anschlüssen 46 für die Dampfleitung 8 und die Flüssigkeitsleitung 9 versehen ist. Dieser Hohlraum stellt zugleich den Innenraum 5 des miniaturisierten Verdampfers 4 zur Verdampfung des Kältemittels dar und ist annähernd doppelt so tief wie die einzelnen Ausnehmungen 42.

In einer vorteilhaften Ausführungsform gemäß Fig. 15 werden beim Ätzen innerhalb wenigstens einer der Ausnehmungen 42 inselförmige Erhebungen 48 gebildet, die nach dem Zusammenfügen, beispielsweise in der dargestellten Ausführungsform als miniaturisierte Rippen, den Verdampfungsprozeß begünstigen. Diese Erhebungen 48 können vorzugsweise eine Breite und Länge sowie einen Abstand in jeweils der gleichen Größenordnung haben wie die entsprechenden Abmessungen der Rippen 20.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Wärmeabfuhr von mindestens einer Wärmequelle (2) über mindestens einen Verdampfer (4) und einen Kondensator (6), die über eine Dampfleitung (8) und eine Flüssigkeitsleitung (9) miteinander verbunden sind und in einem druck-

dichten, mit einem Kältemittel gefüllten Thermosyphonkreislauf (10) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) Mittel vorgesehen sind zur Regelung des Verdampfungsdruckes des Kältemittels wenigstens annähernd auf dessen kritischen Druck;
- b) als Kältemittel nur Substanzen mit einem Ozonabbaupotential ODP von weniger als 0,06, bezogen auf das Kältemittel R 11, und einem Treibhauspotential GWP von weniger als 0,35, bezogen auf Kohlendioxid, vorgesehen sind.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Regelung des Verdampfungsdruckes des Kältemittels

- a) ein Ventilator (12) zur Wärmeabfuhr am Kondensator (6) und
- b) einen Temperaturregler (14), der mit einer Kontaktwand (3) zwischen Verdampfer (4) und Wärmequelle (2) thermisch verbunden ist, umfassen,
- c) wobei der Temperaturregler (14) und der Ventilator (12) elektrisch miteinander verbunden sind (Fig. 2).

3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Regelung des Verdampfungsdruckes des Kältemittels

- a) einen Ventilator (12) zur Wärmeabfuhr am Kondensator (6) und
- b) einen Druckregler (16) im Thermosyphonkreislauf (10) umfassen,
- c) wobei der Druckregler (16) und der Ventilator (12) elektrisch miteinander verbunden sind (Fig. 3).

4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Regelung des Verdampfungsdruckes des Kältemittels

- a) zur Wärmeabfuhr am Kondensator (6) eine Flüssigkeitskühlung mit einer Pumpe und einem Wärmetauscher und
- b) einen Temperaturregler, der mit einer Kontaktwand zwischen Verdampfer und Wärmequelle thermisch verbunden ist, umfassen,
- c) wobei der Temperaturregler mit der Pumpe elektrisch verbunden ist.

5. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Regelung des Verdampfungsdruckes des Kältemittels

- a) zur Wärmeabfuhr am Kondensator (6) eine Flüssigkeitskühlung (36) mit einer Pumpe (37) und einem Wärmetauscher (38) und
- b) einen Druckregler (16) im Thermosyphonkreislauf (10) umfassen,
- c) wobei der Druckregler (16) und die Pumpe (37) elektrisch verbunden sind (Fig. 4).

6. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampfer (4) als metallischer Hohlkörper ausgebildet ist und wenigstens eine seiner Seitenwände die Kontaktwand (3) zur Wärmequelle (2) bildet (Fig. 5).

7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktwand (3) an ihrer Innenseite mit in den Innenraum (5) des Verdampfers (4) hineinragenden Rippen (20) versehen ist (Fig. 6 und 7).

8. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampfer (4) an seiner der

Kontaktwand (3) gegenüberliegenden Flachseite einen mit Rippen (20) versehenen Deckel (18) aufweist.

9. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Dampfleitung (8) an der oberen Stirnseite des Innenraums (5) des Verdampfers (4) und die Flüssigkeitsleitung (9) an der unteren Stirnseite des Innenraums (5) angeschlossen sind.

10. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Dampfleitung (8) und die Flüssigkeitsleitung (9) durch eine obere Stirnseite des Verdampfers (4) hindurchgeführt sind und daß das Ende der Flüssigkeitsleitung (9) über einem Boden des Verdampfers (4) angeordnet ist (Fig. 8).

11. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) der Verdampfer (4) über der Wärmequelle (2) angeordnet ist und wenigstens seine untere Flachseite die Kontaktwand (3) zur Wärmequelle (2) bildet;
- b) die Dampfleitung (8) durch die obere Flachseite des Innenraums (5) des Verdampfers (4) hindurchgeführt ist und die Flüssigkeitsleitung (9) an eine der seitlichen Stirnseiten angeschlossen ist (Fig. 9).

12. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche des Innenraums (5) des Verdampfers (4) wenigstens teilweise mechanisch geglättet und gesandstrahlt ist.

13. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche des Innenraums (5) des Verdampfers (4) wenigstens teilweise mit einer sauren Lösung geätzt ist.

14. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Verdampfer (4) und Wärmequelle (2) ein Übertragungsteil (22) angeordnet ist (Fig. 10 und 11).

15. Anordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) das Übertragungsteil (22) als metallischer Hohlkörper ausgebildet ist, der wenigstens teilweise mit Kältemittel gefüllt ist;
- b) die der Wärmequelle (2) zugewandte Anschlußwand (23) des Übertragungsteils (22) der Oberflächenform der Wärmequelle (2) angepaßt ist.

16. Anordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die an dem Verdampfer (4) angrenzende Übertragungswand (24) des Übertragungsteils (22) zur Vergrößerung der Oberfläche mit einem Querschnittsprofil versehen ist und zugleich Übertragungsteil (22) und Verdampfer (4) an der Übertragungswand (24) lösbar miteinander verbunden sind.

17. Anordnung nach Anspruch 15 oder Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungswand (24) des Übertragungsteils (22) an ihrer Innenseite mit Rippen versehen ist.

18. Anordnung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Oberfläche des Übertragungsteils (22) wenigstens teilweise mechanisch geglättet und gesandstrahlt ist.

19. Anordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Oberfläche des Übertragungsteils (22) wenigstens teilweise mit einer sauren Lösung geätzt ist.

20. Anordnung zur Wärmeabfuhr nach Anspruch 1

mit einer Wärmequelle (2), die innerhalb eines geschlossenen Behälters (30) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) der Kondensator (6) außerhalb des geschlossenen Behälters (30) angeordnet ist;
- b) die Dampfleitung (8) und die Flüssigkeitsleitung (9) jeweils mit einer abgedichteten Durchführung (32) durch die Wand des Behälters (30) hindurchgeführt sind (Fig. 12).

21. Anordnung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Dampfleitung (8) und/oder Flüssigkeitsleitung (9) wenigstens teilweise aus einem flexiblen Material bestehen.

22. Anordnung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Dampfleitung (8) am Ausgang und/oder die Flüssigkeitsleitung (9) am Eingang des Verdampfers (4) mit einem Kupplungsstück (33) versehen sind.

23. Anordnung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß zur elektrischen Isolation in der Dampfleitung (8) und/oder der Flüssigkeitsleitung (9) ein Isolierstück (34) angeordnet ist.

24. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) zur Wärmeabfuhr von mehreren Wärmequellen (2) mehrere Verdampfer (4) vorgesehen sind, denen ein gemeinsamer Dampfsammler (26) zugeordnet ist,
- b) der Dampfsammler (26) mit den Verdampfern (4) über jeweils eine Dampfleitung (8) und mit dem Kondensator (6) über eine Dampfsammelleitung (27) verbunden ist (Fig. 13).

25. Anordnung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß den Verdampfern (4) ein Flüssigkeitssammler (28) zugeordnet ist, der mit den Verdampfern (4) über jeweils eine Flüssigkeitsleitung (9) und mit dem Kondensator (6) über eine Flüssigkeitsammelleitung (29) verbunden ist.

26. Anordnung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Flüssigkeitssammler (28) derart angeordnet ist, daß vor der Inbetriebnahme der Anordnung alle Verdampfer (4) mit flüssigem Kältemittel gefüllt sind.

27. Verfahren zur Wärmeabfuhr von mindestens einer Wärmequelle (2) über mindestens einen Verdampfer (4) und einen Kondensator (6) über mindestens eine Dampfleitung (8) und eine Flüssigkeitsleitung (9) miteinander verbunden sind und in einem druckdichten, mit einem Kältemittel gefüllten Thermosyphonkreislauf (10) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampfungsdruck des Kältemittels unter Berücksichtigung sowohl der höchstzulässigen Temperatur an der Wärmequelle (2) als auch des höchstzulässigen Druckes innerhalb des Thermosyphonkreislaufes (10) dem kritischen Druck des Kältemittels angepaßt wird.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampfungsdruck des Kältemittels über den Betriebszustand des Ventilators (12) zur Wärmeabfuhr am Kondensator (6) geregelt wird.

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß bei vorbestimmter Nenndrehzahl des Ventilators (12) der Verdampfungsdruck des Kältemittels durch Ein- und Ausschalten geregelt wird.

30. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampfungsdruck des Kältemittels über eine kontinuierliche Drehzahländerung des Ventilators (12) geregelt wird.

31. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampfungsdruck des Kältemittels über den Betriebszustand einer Pumpe (37) in der Flüssigkeitskühlung (36) zur Wärmeabfuhr am Kondensator (6) geregelt wird.

32. Verfahren zum Herstellen eines Verdampfers zur Verwendung in einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 26 oder in einem Verfahren der Ansprüche 27 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) eine metallische Platte (40) mit Hilfe eines Photolithographieverfahrens mit wenigstens zwei gleichen Ausnehmungen (42) versehen wird;
- b) diese Ausnehmungen (42) mit einem Rand (43) aus der Platte (40) herausgetrennt werden;
- c) je zwei dieser herausgetrennten Teile an ihren Rändern (43) derart spiegelbildlich zusammengefügt werden, daß ein Hohlraum entsteht.

33. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (42) derart gestaltet sind, daß der entstehende Hohlraum mit Anschlüssen (46) für die Dampfleitung (8) und die Flüssigkeitsleitung (9) versehen ist.

34. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb wenigstens einer der Vertiefungen (42) inselförmige Erhebungen (48) erzeugt werden.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

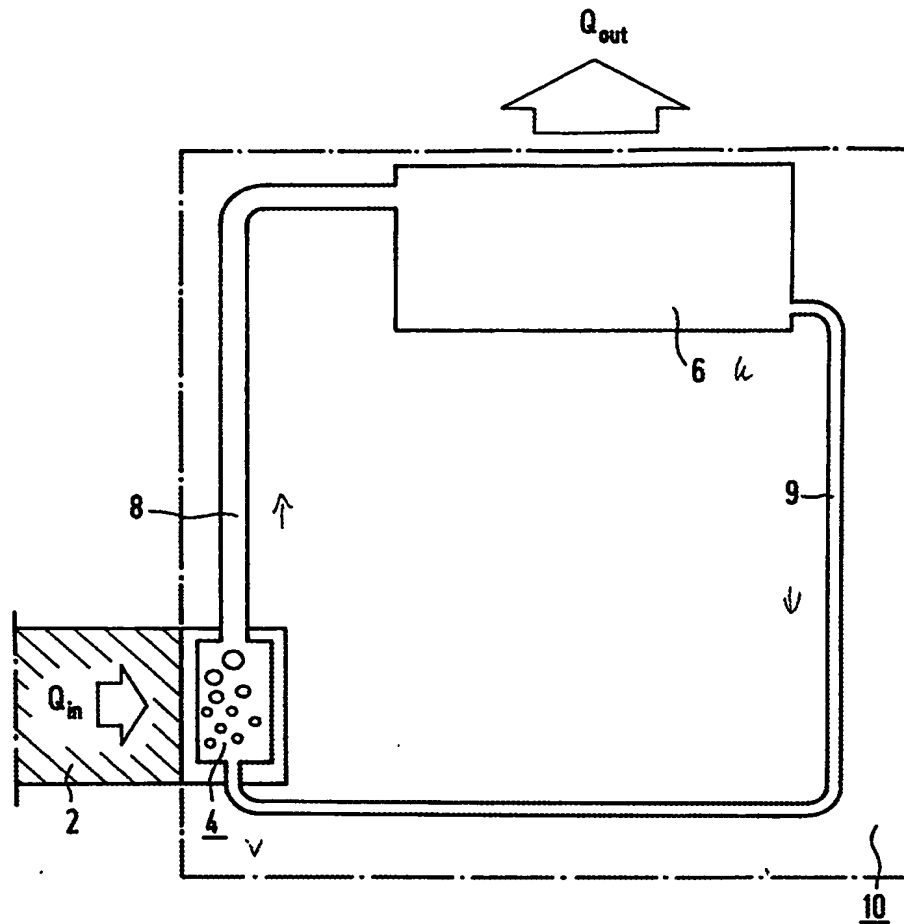


FIG 1

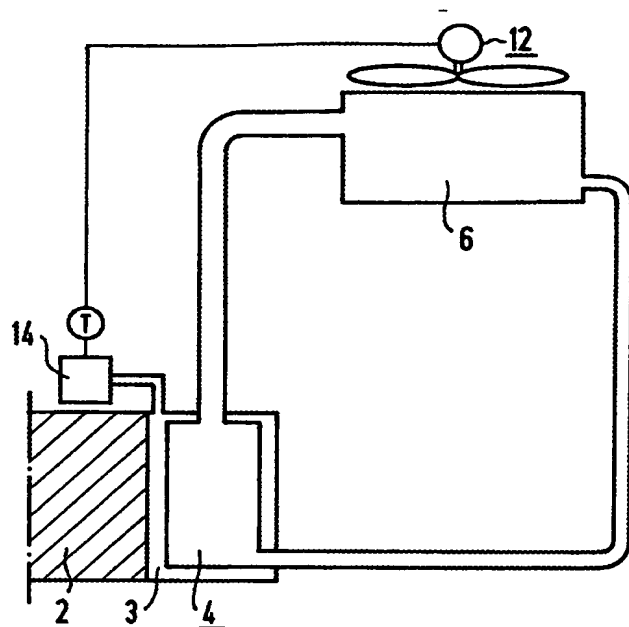


FIG 2

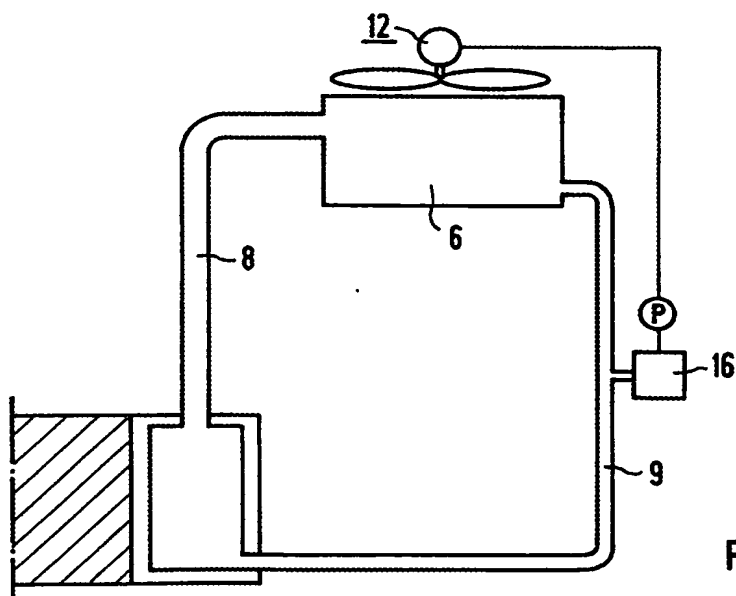
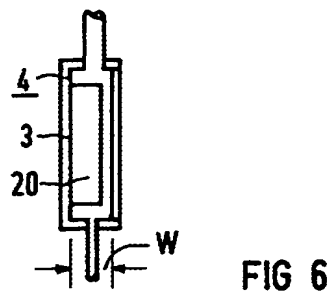
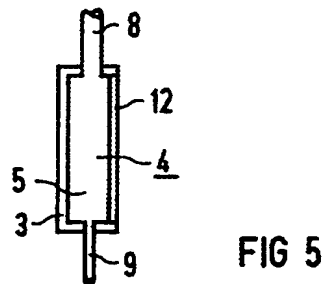
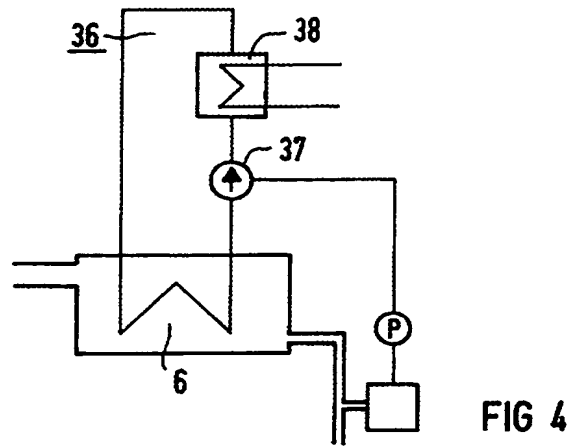


FIG 3



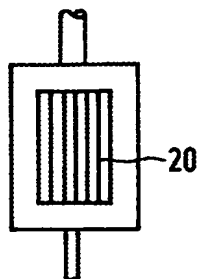


FIG 7

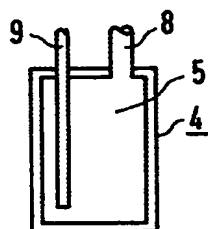


FIG 8

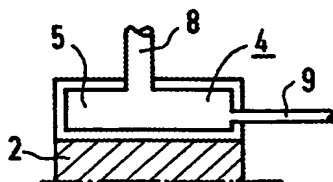


FIG 9

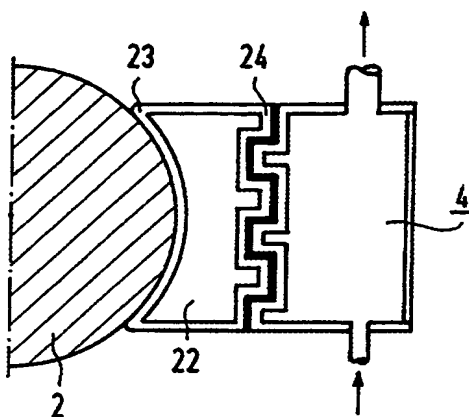


FIG 10

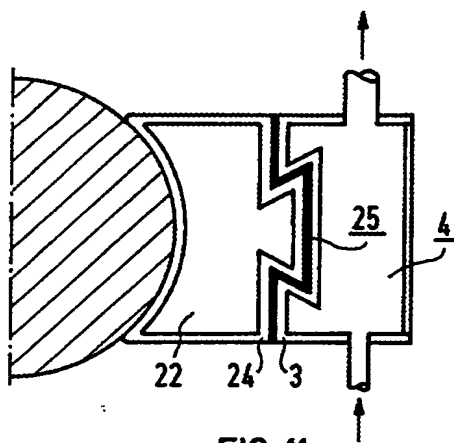
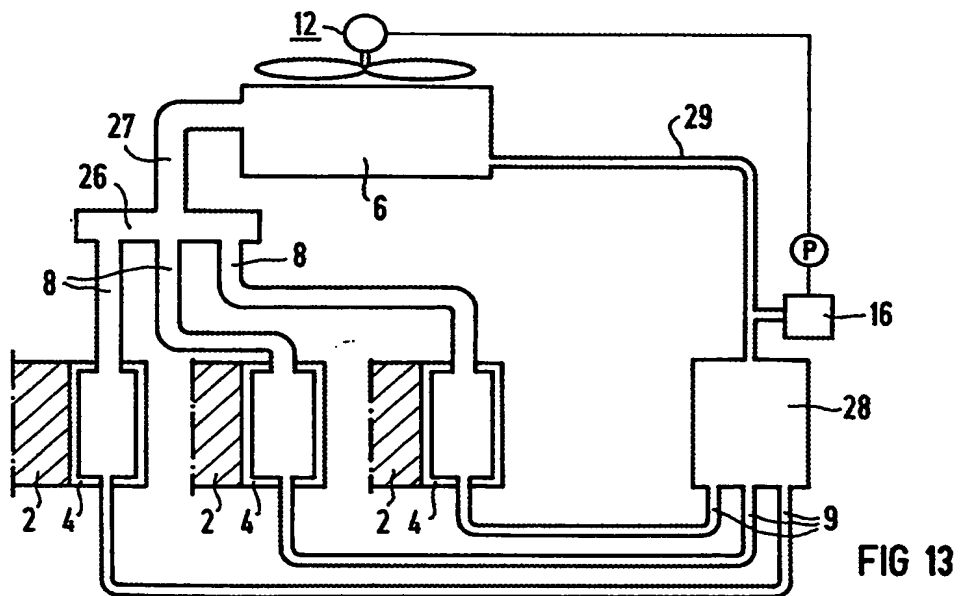
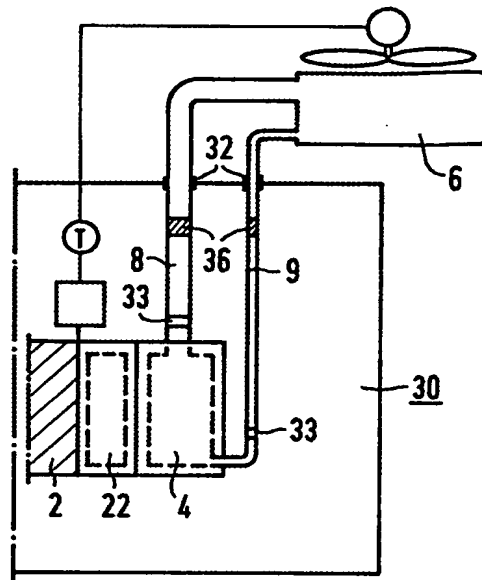


FIG 11



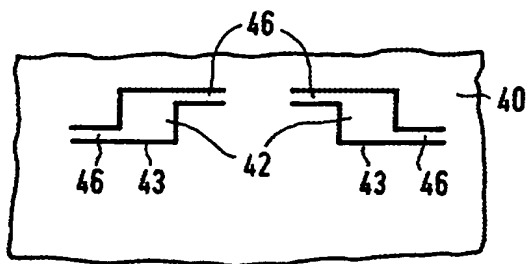


FIG 14

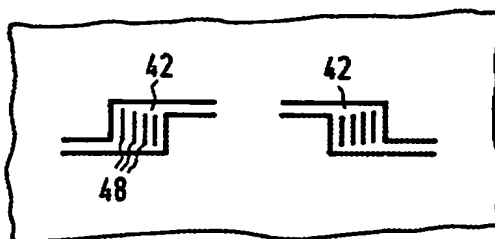


FIG 15